

牛住元, 刘诺亚. 新冠疫情初期应急医疗设施污水处理站设计实例分析[J]. 净水技术, 2022, 41(3):150-153.

NIU Z Y, LIU N Y. Example analysis of sewage treatment design for an emergency medical facility in the early stage of COVID-19 epidemic [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(3):150-153.



扫我试试?

新冠疫情初期应急医疗设施污水处理站设计实例分析

牛住元, 刘诺亚

(中国中元国际工程有限公司, 北京 100089)

摘要 为应对新型冠状病毒疫情,某新建医疗应急设施设置床位1 000张,污水处理设施规模为600 m³/d,其工艺流程设计参照《新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准》,在采用预消毒+化粪池+二级消毒工艺、保证消毒水力停留时间的基础上,增加超磁分离物理强化单元,末端出水经过紫外线消毒后排入现有院区污水处理站。结合应急医院需要快速建造的特点,介绍了超磁一体化、超滤工艺等主要处理单元的设计情况,并对三级消毒流程、水力停留时间重点分析,为我国应急医院污水处理设计提供参考。

关键词 应急医疗设施 污水处理 新冠疫情 超磁分离 三级消毒处理 水力停留时间

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2022)03-0150-04

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.03.021

Example Analysis of Sewage Treatment Design for an Emergency Medical Facility in the Early Stage of COVID-19 Epidemic

NIU Zhuyuan, LIU Nuoya

(China IPPR International Engineering Co., Ltd., Beijing 100089, China)

Abstract To cope with NOVEL-19 outbreak, 1 000 beds for new medical emergency facilities are set up, and the scale of new sewage treatment facilities is 600 m³/d. The process design is based on *The Design Standard of Infectious Disease Emergency Medical Facilities for Novel Coronavirus (2019-nCoV) Infected Pneumonia*, on the basis of pre-disinfection + septic tank + secondary disinfection and ensure the HRT of disinfection, physical strengthening unit of super-magnetic separation is added, and the end effluent is discharged into existing hospital sewage treatment station after ultraviolet disinfection. Combined with the characteristics of rapid construction of emergency hospital, the design of main treatment units such as ultra-magnetic integration and ultrafiltration process are introduced, three-level disinfection process and hydraulic retention time are emphatically analyzed, so as to provide a reference for the sewage treatment design of emergency hospital at home.

Keywords emergency medical facilities wastewater treatment COVID-19 epidemic super-magnetic separation tertiary disinfection hydraulic retention time (HRT)

自2020年2月起,各地纷纷建设应对新冠肺炎疫情的应急医疗设施,其中包括新建的医疗院区以及改造的发热门诊。此类设施排出的污水可能含有大量的病菌和病毒,且新冠病毒有通过粪口传播的

风险,常规的消毒工艺已不能满足对病菌“万无一失”的处理效果。研究表明,新型冠状病毒的理化特性与SARS病毒类似,对高温和紫外线敏感,含氯消毒剂对其有较好的灭活效果,因此,强化消毒处理可确保病毒的杀灭^[1]。此外,若按照传统的传染病医院选择生化处理工艺,则污泥驯化、调试运行的周期过长,且消毒剂大量使用会导致污水余氯量偏高,生化处理效果将难以保证。

[收稿日期] 2021-05-21

[作者简介] 牛住元(1980—),男,硕士,高级工程师,主要从事医疗建筑给排水设计及研究, E-mail: niuzhuyuan1980@163.com。

某应急医院是在现有院区地块上新建的设施,位于整个院区的西南方向。原有院区建有规模为 2 500 m³/d 的污水处理厂,处理工艺为二级生化处理+常规消毒工艺。为应对新冠肺炎疫情,做好源头消毒,切断病毒传播途径,需新建一座污水处理设施,主要针对病毒、细菌及有毒有害物质的去除,而去除 BOD₅、氨氮等指标退居其次。因此,该应急医院的污水处理采用预消毒+化粪池+二级消毒+物化处理+三级消毒组合工艺设计。

1 设计水量及水质

1.1 设计水量分析计算

应急医疗设施与传统的传染病医院相比功能不完全具备,其用水量应根据医疗功能确定。考虑到安全性和排水系统的密闭性,排水量不考虑折减系数,等于设计给水量。

应急医疗设施生活用水定额可参照《传染病医院建筑设计规范》^[2],结合应急设施的用水特征取下限值进行水量计算。病人用水量以床位数计算,医护及后勤人员数量根据医院方提供的数据确定。计算得此应急医疗设施污水处理站设计处理能力为 600 m³/d,小时变化系数 $K=2.0$,最大时处理量为 50 m³/h。

1.2 处理水质要求

由医院提供的污水水质(表 1)可知,院区排放的污水中病原细菌数、病毒和化学药剂量大超标,具有空间污染、急性传染和潜伏性传染的特征,因此,新建污水处理站主要针对病毒等微生物指标的去除,保证处理过程中的生物安全性。其次,污水中 SS、COD_{Cr} 等指标较一般综合医院略高,应结合应急医院特点,选择恰当的工艺提高此类指标去除率。

表 1 应急医院污水水质
Tab. 1 Sewage Quality of Emergency Hospital

项目	pH 值	SS/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	粪大肠杆菌/(MPN·L ⁻¹)
数值	7.8	~100	~200	~400	~32	>5 000

依据环境影响评价文件要求,整个院区污水经处理后的出水指标要求同时达到《污水综合排放标准》^[3]规定的一级排放标准、《水污染物排放限值》

第二时段一级标准、《城镇污水处理厂污染物排放标准》^[4]一级 A 标准以及《医疗机构水污染物排放标准》^[5],具体指标如表 2 所示。

表 2 水质排放指标
Tab. 2 Water Quality Discharge Indices

项目	SS/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	粪大肠杆菌/(MPN·L ⁻¹)	余氯/(mg·L ⁻¹)
数值	<10	<10	<50	<5	<100	>6.5

2 污水处理工艺流程及布置

污水处理工艺流程如图 1 所示,采用三级消毒工艺,最大程度保障消毒效果,杜绝病毒扩散,同时以物化处理单元代替二级生物处理,可使出水 SS、

COD_{Cr} 指标达标。在超磁处理单元,污水中大部分悬浮有机物和微生物胞体等在此阶段被有效去除。沉降下来的污泥经过磁种回收设备后进入污泥处理设备,连同其他工艺单元积蓄的污泥进行污泥脱水

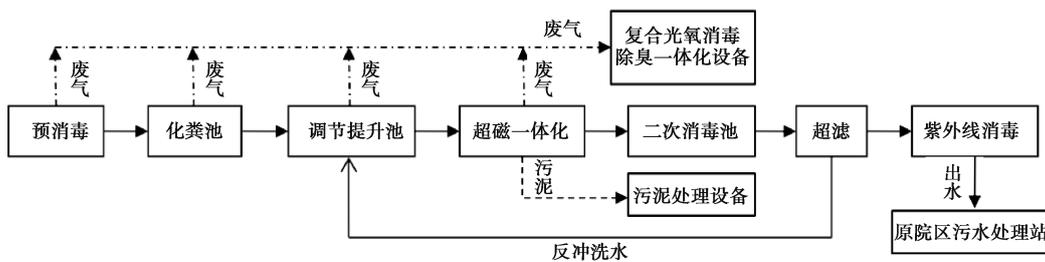


图 1 应急医疗设施污水处理工艺流程图

Fig. 1 Flow Chart of Sewage Treatment Process of Emergency Medical Facilities

消毒处理。在平板陶瓷膜超滤单元,难去除的有害物质和细菌进一步被截留,最后通过紫外线消毒后出水进入现有院区污水站,处理达标后排放。

该工艺在保障各处理单元具有足够水力停留时间(HRT)的基础上,采用三级消毒加物化法,整体流程安全环保、运行稳定可靠,处理效果受环境条件影响小,可确保传染性病菌、病毒的去除。

3 主要处理单元设计分析

3.1 前处理系统

根据《医疗机构水污染物排放标准》^[5]规定,传染病医疗机构需有预消毒处理,并设专用化粪池收集经消毒处理后的粪便排泄物等传染性废物。

(1) 预消毒池

预消毒目的是确保污水处理站后续运行安全,提高新型冠状病毒的灭活效果。根据最新发布的标准规定,预消毒的接触时间不小于1 h,此工艺设计的预消毒池有效容积为150 m³,分为两组。该工艺采用次氯酸钠消毒,其优点是作用迅速、对生物病毒或有机分子有毒物质的消毒效果较明显、价格较低且次氯酸钠产生的有毒害副产物较少、对后续工艺的影响小,投加有效氯量为20 mg/L。

(2) 化粪池

化粪池是一种利用沉淀和厌氧消化作用去除污水中悬浮性有机物的沉淀池。本设计采用化粪池总有效容积为950 m³,共10座,其中100 m³的化粪池8座,75 m³的化粪池2座。该设计满足相关国家污水处理设计规范中污水在化粪池中停留时间不少于36 h的要求。化粪池间隔一定时间清掏一次,其污泥作为危险废物运走单独处理。

3.2 超磁一体化及二级消毒系统

(1) 超磁一体化设备

超磁分离水体净化技术是利用加载沉淀的分离原理,在絮凝反应过程中,通过非磁性或弱磁性的污水里添加磁种,使本身无磁性的污染物带上磁性,在高梯度超强磁场作用下,实现对水体中污染物的快速分离去除。此设备采用的磁感应强度为8 000 Gs(0.8 mT),梯度为1 000 Oe/u,投加的永磁材料为钕铁硼。在混凝反应器中,除了投加常用的混凝剂PAC、PAM,还投加了氨氮去除剂,其主要成分是含氯的强氧化物,保证氨氮去除率。处理完成后超强磁场截留下的污染物进入专用磁种回收设

备,将污泥与磁种进行分离,磁种可回收利用,而污泥经污泥泵送至叠螺机进行脱水处理。此物理技术相对于传统生化法有显著优点:出水稳定,受水质水量变化、加氯量的影响小;处理效率高,流程短,总处理时间约为5 min,磁盘可瞬间产生大于重力640倍的磁力;运行费用较低,采用微磁絮技术^[6],投药量少,磁种回收剪率高;此工艺为一体化全封闭式设备,系统集成度高,模块化组装,全自动化控制,消毒彻底,无气溶胶产生。

(2) 二级消毒系统

二级消毒系统采用三氯异氰尿酸,此类消毒剂的有效氯含量比次氯酸钠更高,达到90%,且性能更为稳定,反应快速,作用时间短。研究表明,三氯异氰尿酸对污水中细菌繁殖体、真菌、病毒等灭活效果好,且能较好控制余氯量^[7]。二级消毒池采用与调节提升池规格尺寸相同的100 m³+50 m³地埋式成品玻璃钢罐,有效HRT为3 h。

3.3 超滤及三级消毒系统

(1) 平板陶瓷膜超滤净化系统

采用2套一体化箱体,规格为8 m×2.5 m×2.5 m,平板膜孔径为0.1 μm,共1 000 m²膜组,均为全自动控制。超滤净化系统主要依据“物理筛分”理论^[8],利用物质分子在一定膜孔径内的渗透率不同,以膜两侧的压力差为驱动力,使水和无机盐等小分子物质透过膜,而水中的悬浮物、胶体和微生物等大分子物质被截留,从而实现污染物的有效去除。

(2) 三级消毒系统

为避免病毒扩散,保障出水质量,超滤设备出水在排入原院区污水处理站前再经过紫外消毒杀菌装置,确保水中残留的细菌病毒能被快速灭活。采用过流式紫外消毒杀菌装置,超滤和紫外线消毒在一定范围内对余氯的影响较小,同时在线监测余氯含量,若不达标,可在紫外消毒出水后加氯,以保证余氯量。

3.4 废气处理系统

所有的水处理构筑物均接有尾气收集管,将设备运行中产生的尾气进行密闭收集,输送至尾气处理间,处理完的尾气高空排放。采用光氧催化联合活性炭吸附工艺处理废气,活性炭吸附能力强,具有风阻小、维护方便等特点,而光氧催化技术能高效分解空气中的氧分子,产生强氧化性物质,达到除臭及

消毒的作用。

3.5 HRT 分析

污水处理全流程 HRT 计算如表 3 所示。

表 3 污水处理各单元 HRT
Tab. 3 HRT of Sewage Treatment Units

名称	数量/座	总容积 /m ³	计算流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	HRT/h
预消毒池	2	150	50	3
化粪池	10	950	-	36
提升池	2	150	25	6
二级消毒池	2	150	50	3
超滤+紫外消毒	2	100	50	2
合计	-	1 500	-	50

由表 3 可知,污水从预消毒到三级消毒的全流程 HRT,若根据每个构筑物的设计流量最不利条件计算,总 HRT 为 50 h;若根据全天污水量和构筑物总容积进行核算,总 HRT 可达 60 h,均满足《新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准》^[9]中从预消毒池至末端消毒出水的总 HRT 不小于 48 h 的规定。较长的 HRT 可满足化粪池的自然沉淀效果,提高消毒效率,减少消毒剂用量,减少消毒副产物对环境的影响,且即使超磁和超滤单元误操作或失效,新型冠状病毒在此污水处理系统中的自然死亡率也能保证对环境水体的影响降至最低。

4 技术经验总结

应急医疗设施的排水水质特点鲜明,处理设施建设周期短,时效性高,须与建筑主体保持一致,同步完工及投入使用。通过实际项目设计和建设实践,技术经验总结如下。

(1)预消毒+化粪池+二级消毒是应急医疗设施污水处理的核心技术措施,重点把控病毒、细菌等生物指标的达标,以及未知病毒和病原体的去除。根据应急项目需要快速启动运行的特点,采用了高效环保、出水水质稳定的物化工艺组合,可保证 SS、COD_{Cr} 等指标处理达标,对于 BOD₅、总氮等需生化

处理的物质,若无法达标,后续出水进入原院区污水处理站,可保证达标排放。相对于原污水处理站,新建污水处理站具有建造快速、运行更为稳定、管理方便等优点,适于疫情暴发初期投产使用。

(2)应急医疗设施污水处理单元应集中布置,独立处理区域,避免污染源分散不易控制。本设计中预消毒池至末端出水的全部处理工艺设备和构筑物集中布置在一个完整的区域,并且位于当地夏季主导风向的下方。

(3)应急医疗设施污水处理构筑物及设备受工期紧、采购限制,选用集成程度高的一体化设备。当采购非标产品代替消毒池或提升池时,应对内部结构对于水流状态的影响进行评价,并进行改造,确保水流混合均匀,避免造成短流,形成死水区。

参考文献

- [1] 黄晓家,郭春艳,赵耀. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)污水处理强化二级消毒工艺研究与分析[J]. 给水排水, 2020, 56(3): 54-59.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 传染病医院建筑设计规范: GB 50849—2014 [S]. 北京:中国计划出版社, 2014.
- [3] 国家环境保护局. 污水综合排放标准: GB 8978—1996 [S]. 北京:中国计划出版社, 1996.
- [4] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. 城镇污水处理厂污染物排放标准: GB 18918—2002 [S]. 北京:中国环境出版社, 2002.
- [5] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. 医疗机构水污染物排放标准: GB 18466—2005 [S]. 北京:中国环境出版社, 2005.
- [6] 唐纲,王吉白,杨平. 超磁分离在污水处理中的研究及应用现状[J]. 四川化工, 2017(4): 47-51.
- [7] 闫雪莹,吴德生,刘素纯,等. 三氯异氰尿酸应用研究现状及进展[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(3): 221-223.
- [8] 代晋国,秦玉兰,高明河,等. 平板陶瓷膜在污水处理中的应用[J]. 中国环保产业, 2018(3): 54-57.
- [9] 中国工程建设标准化协会. 新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准: T/CECS 661—2020 [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2020.